



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
VASA YRKESHÖGSKOLA
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Riku Vierikko

KESKIJÄNNITEKOJEISTOPROJEKTIN HALLINTA

UniGear ZS1

Tekniikka ja liikenne
2013

ALKUSANAT

Tämä opinnäytetyö on tehty ABB Oy:n Power Systems divisioonan Substations-yksikölle.

Haluan kiittää opinnäytetyön ohjaajina ABB Oy:n puolesta suunnittelupäällikkö Jan Malmstenia sekä pääsuunnittelija Jari Laaksoharjua mielenkiintoisesta ja haastavasta opinnäytetyön aiheesta sekä ohjauksesta opinnäytetyön tekemisessä. Haluan osoittaa kiitokset opinnäytetyön ohjaajana toimineelle lehtori Jari Koskelle, jolta olen saanut neuvoja ja ohjausta opinnäytetyön edetessä. Lisäksi haluan kiittää myös kaikkia muita opinnäytetyössäni auttaneita ja tukeneita ABB:n henkilöitä.

26.4.2013 Vaasa

Riku Vierikko

TIIVISTELMÄ

Tekijä	Riku Vierikko
Opinnäytetyön nimi	Keskijännitekojeistoprojektin hallinta
Vuosi	2013
Kieli	Suomi
Sivumäärä	41 + 6 liitettä
Ohjaaja	Jari Koski

Työssä oli tarkoitus luoda prosessikuvaus keskijännitekojeistoprojektista ABB Power Systems divisioonan alaisuudessa toimivan Substations -yksikön henkilökunnan käyttöön, tutkia projektiketjussa olevia mahdollisia epäkohtia, luoda yleisesti käytettävä kennokohtainen ohjeistus sekä pöytäkirjat käyttöönottestauksiin.

Opinnäytetyöllä pyrittiin luomaan mallia projektin etenemisestä, jolla Substations-osasto voi säästää aikaa ja rahaa, sekä parantaa työn laatua. Tutkimustyö koostuu 3 osasta: projektin etenemisen kuvauksesta, projektin kehitysideoista sekä testaustyönkehitysideoista. Tulokset tulevat työn tilaajan käyttöön ja tuloksilla pyritään tehostamaan projektin kulkua. Tutkimustyötä toteutettiin hakemalla tietoa toimiston sisältä sekä yhteydenotoilla Brnon-tehtaan yhteyshenkilöihin, jossa ZS1-mallisen kojeistojen valmistus tapahtuu.

Tutkimustyön lopputulos on tiivistettynä vuokaavioon, SWOT- analyysiin, sekä mietteisiin prosessiin kehittämistä. Tutkimuksen tavoitteisiin kuului myös käyttöönottovaiheen testiohjeet kojeistoprojektille ja FAT-testin vaiheiden selkeyttäminen toimiston henkilökunnalle.

ABSTRACT

Author	Riku Vierikko
Title	Management of medium voltage switchgear project
Year	2013
Language	Finnish
Pages	41 + 6 Appendices
Name of Supervisor	Jari Koski

The aim of the thesis was to create a description about the process of medium voltage switchgear project for the ABB Power Systems divisions Substations department, explore possible conflicts in the project chain, and to create instructions and document base for the commissioning tests.

The thesis aims to create a model about the process of the project, so that with help of the model the Substations department is able to save time and money and improve the quality of work. The research consists of three different parts: description of the project process, development ideas for the project and development ideas for testing procedures. These will come for the use of the client, and with the results the aim is to improve the process of the project. The research was made by searching information within the office and being in contact with the factory which is located in Brno, where the manufacturing of ZS1-model switchgear is made.

The results of the research were summarized in a flowchart, SWOT-analysis and in some ideas about the development of process. The commissioning test instructions for the switchgear project and solving the FAT-procedures for the office staff were also created.

Keywords	Medium voltage switchgear, UniGear, Commissioning
----------	---

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

TERMIT JA LYHENTEET

KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO

LIITELUETTELO

1	JOHDANTO.....	10
2	ABB ORGANISAATIONA.....	11
2.1	Historia.....	11
2.2	ABB nykyään.....	11
2.3	Power Systems	12
3	KESKIJÄNNITEKOJEISTOPROJEKTI.....	13
3.1	Keskijännitekojeistosta yleisesti	13
3.2	UniGear ZS1	15
3.3	Projekti yleisesti.....	17
4	PROJEKTIN VAIHEET	18
4.1	Myyntivaihe	18
4.1.1	Tarjouskysely	18
4.1.2	Tekninen määrittely	18
4.1.3	Hinnan määräytyminen	19
4.1.4	Tarjous.....	19
4.1.5	Kauppasopimus	19
4.2	Aloituspalaveri	20
4.3	Hankinta ja kojeiston tilaus.....	20
4.4	Suunnittelu	20
4.4.1	Periaatesuunnittelu	21
4.4.2	Tyypikenttäsuunnittelu.....	22
4.4.3	Relekonfiguraatiot.....	22
4.4.4	Lopullinen dokumentaatio	22
4.5	Valmistus	23

4.5.1	Toisiokojetilan valmistus	24
4.5.2	Primääripuolen valmistus	24
4.5.3	Tehtaalla tapahtuva esitestaus	25
4.6	FAT - testaus	25
4.6.1	Visuaalinen tarkistus	26
4.6.2	Mekaanisen toiminnan testaus	26
4.6.3	Toiminnan testaus	26
4.6.4	Jännitekestoisuuden testaus	26
4.6.5	Eristysvastusmittaus ohjaus- ja apuvirtapiireissä	27
4.6.6	Päävirtapiirien resistanssin mittaus	27
4.6.7	Mittaus- ja suojavirtapiirien testaus	27
4.7	Kojeiston luovutus ja kuljetus tehtaalta	28
4.8	Kojeiston asennus	29
4.8.1	Tarkastukset ennen asennusta	29
4.8.2	Kojeiston asennus	29
4.8.3	Työmaalla tehtävät muutokset	30
4.9	Käyttöönotto	30
4.9.1	Kojeistotestaus	30
4.9.2	Katkaisijan sisäisien piirien testaus	31
4.9.3	Releasettelut ja konfiguraatio	31
4.9.4	Reletestaus	31
4.9.5	Testauksen dokumentointi	32
5	PROJEKTIIN LIITTYVIÄ KEHITYSIDEITA	33
5.1	SWOT – analyysin mukainen tarkastelu	33
5.2	Suunnittelun organisointi	35
5.3	Mittamuuntajien standardisointi	36
5.4	Tehtaalla tapahtuvan testauksen kehitysideat	36
5.5	Käyttöönottotestauksen ohjeet	37
6	YHTEENVETO	39
	LÄHTEET	40
	LIITTEET	

TERMIT JA LYHENTEET

FAT	Factory Acceptance Test, tehtaalla tapahtuva kojeistotestaus
ABB	Eurooppalainen sähköteollisuus konserni
SF6	Rikkiheksafluoridi, katkaisijoissa käytettävä eristekaasu
DC	Direct Current, tasavirta
AC	Alternating Current, vaihtovirta
IEC	International Electrotechnical Commission, kansainvälinen sähkötekniikan standardointiorganisaatio
SAP	Systeme, Anwendungen und Produkte, yritysten toiminnanohjausjärjestelmiin erikoistunut saksalainen yritys, käytetään yleisesti myös tehtaan toimittamien järjestelmien lyhenteenä.
EU	European Union, Euroopan unioni
CIP	Carrier and insurances paid, kuljetus ja vakuutus maksettuna
FCA	Free carrier, vapaasti rahdinkuljettajalla
DDU	Delivered duty paid, toimitettuna tullaamatta

KUVA- JA TAULUKKOLUETTELO

Kuva 1.	Tilakoteloidun kojeiston rakenne	s.14
Kuva 2.	UniGear ZS1-keskijännitekojeisto	s.16
Kuva 3.	Vaunukatkaisijan tyypillinen rakenne	s.16
Kuva 4.	Periaatesuunnitteluun kuuluvia kuvia	s.21
Kuva 5.	Komponentit johdotettuina asennuspinnoille	s.24
Kuva 6.	Kokoojakiskojen pulttien momenttisuositus	s.29

LIITELUETTELO

LIITE 1. FAT – Testauksen ohje

LIITE 2. FAT – Pöytäkirjapohjat

LIITE 3. Testausohjeistus käyttöönottotestauksiin ZS1-kojeistoon

LIITE 4. Kennokohtainen käyttöönottotestauspöytäkirja

LIITE 5. Keskijänniteprojektihallinnan vuokaavio

LIITE 6. Keskijänniteprojektin tyypilliset vaihekohtaiset läpimenoajat

1 JOHDANTO

Opinnäytetyö käsittelee UniGear ZS1-keskijännitekojeistonprojektin hallintaa. Työn toimeksiantajana toimii ABB Power Systemsin Substations-yksikkö.

Työ käsittelee minkälaisen tapahtumaketjun projekti käy läpi ennen kuin tarjouspyynnöstä saadaan valmis keskijännitekojeisto. Työn tarkoituksena on luoda prosessikuvaus suunnittelun käyttöön, pyrkiä kehittämään projektia toimimaan saumattomasti sekä tutkia projektin kannalta ongelmakohtia. Lisäksi työn tulee luoda ohjeistus projektin etenemisestä tilaajan käyttöön.

Opinnäytetyössä otetaan kantaa kojeistoille tehtäviin testauksiin niin tehtaalla kuin työmaalla käyttöönottestauksien muodossa. Työssä analysoidaan mm. miten ongelmia työmaalla pystytään rajoittamaan ja millaisia yleisiä pöytäkirjoja testauksista tulisi luoda.

Lopulta työssä mallinnetaan miten projektin tapahtumaketjua voitaisiin tehostaa ja laatua parantaa. Työ sisältää kirjoittajan mietteitä miten kojeistojen toimitusvarmuutta voidaan parantaa ja miten läpimenoaikaa voitaisiin lyhentää. Tällä pyritään parantamaan keskijännitekojeistoprojektien onnistumista ja tehokkuutta.

2 ABB ORGANISAATIONA

2.1 Historia

Suomalainen Gottfrid Strömberg perusti vuonna 1889 sähköliikkeen, jonka tavoitteena oli valmistaa tuon ajan parhaita tasavirtadynamoita sekä sähkövalaistuslaitoksia. Gottfrid Strömberg sähköyhtiö solmi vuonna 1926 edustussopimuksen sveitsiläisen AG Brown Boveri & Cie kanssa yrityksen tuotteiden myynnistä Suomessa. Ruotsalainen Asea hankki vuonna 1928 60 % silloisen Strömbergin osakkeista. Vuonna 1930 Ruotsalainen Asea ja Sveitsiläinen BBC omistivat molemmat 28,9 % Strömbergin osakkeista. Vuonna 1943 sota-aikaisen lainsäädännön myötä Asea ja BBC kumpikin menettivät Strömberg osuuksiaan 14,2 %. Vuonna 1963 BBC perusti oman tytäryhtiönsä Suomeen. Vuonna 1983 Asea ja BBC myivät Strömbergin omistusosuutensa Kymi Kymmene Oy:lle, joka fuusioitui Kymi-Strömberg Oy:ksi. Strömberg Oy siirtyi Asean omistukseen vuonna 1987. ABB syntyi tammikuussa vuonna 1988 kun ruotsalainen Asea ja sveitsiläinen Brown Boveri yhdistyivät. Näistä tapahtumista ABB:n historia Suomessa juontaa juurensa. /2/, /3/

2.2 ABB nykyään

ABB on sähkö- ja automaatiotekniikan kansainvälinen markkinajohtaja. Yrityksen pääkonttori sijaitsee Zürichissä Sveitsissä. ABB työllistää 14 500 ihmistä noin 100 maassa. Yhtiön osakkeet noteerataan Zürichin, Tukholman ja New Yorkin pörsseissä. Yrityksen liikevaihto vuonna 2012 oli 39,3 Mrd USD. ABB:n toiminta perustuu 5 divisioonaan. Nämä divisioonat ovat Discrete Automation and Motion, Low Voltage Products, Process Automation, Power Systems ja Power Products. ABB on suurin teollisuuskäyttöisten moottoreiden, taajuusmuuttajien, tuuligeneraattoreiden sekä sähköjakeluverkkojen tuottaja. Yrityksen toimitusjohtajana on toiminut vuodesta 2008 lähtien yhdysvaltalainen Joseph Hogan. /1/, /8/, /6/

2.3 Power Systems

ABB:n Power Systems-divisioona pitää sisällään neljä liiketoimintayksikköä. Nämä yksiköt ovat Grid Systems, Network Management, Power Generation sekä Power Transmission and Distribution-yksiköt. Power Systems-divisioona tarjoaa avaimet käteen järjestelmiä ja palveluita, sähkönjakeluun ja jakeluverkolle. Sähköasemat ja sähköasemien automaatio ovat Power Systems-divisioonan pääalueet. Huipputeknologiaa edustavat joustava AC-siirtojärjestelmät (FACTS), korkeajännite DC-järjestelmät (HVDC) sekä verkonhallintajärjestelmät. Sähköntuotannossa Power Systems tarjoaa laitteet, ohjausjärjestelmät ja sähköistyksen voimalaitoksiin. /5/

3 KESKIJÄNNITEKOJEISTOPROJEKTI

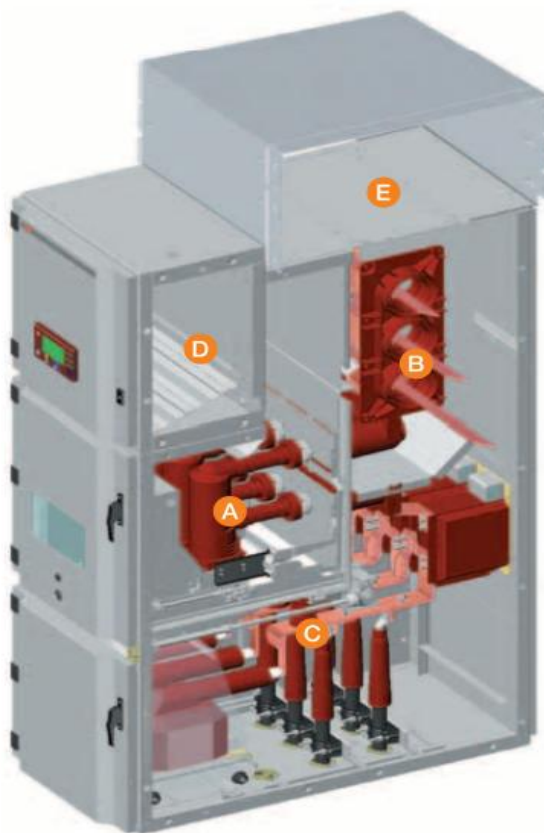
3.1 Keskijännitekojeistosta yleisesti

Sähköasema on sellainen sähköenergian siirto- tai jakeluverkon osa, jossa pystytään suorittamaan kytkentöjä, jännitteen muuntamista, sähkönsiirron keskittämistä tai jakoa eri johdoille. Muuntajien ja kokoojakiskostojen lisäksi sähköasemilla on paljon erilaisia kojeita ja laitteita, jotka voidaan hankkia tehdasvalmisteisina valmiina kojeistoina. Kojestolla tarkoitetaan rakennekokonaisuutta, joka sisältää sähkönsiirrossa, siirrossa ja muuntamisessa tarvittavia kytkin-, suoja-, ohjaus- tai valvontalaitteita. Kojestossa tärkeimmät laitteet ovat katkaisijat, erottimet, mittamuuntajat sekä suojalaitteet kuten kennoterminaalit. Kojesto sisältää kokoojakiskostot, jotka yhdistävät kojeiston vaiheet yksittäisten kenojen välillä. /21/, /23/

Keskijännitekojeiston päätehtävänä kytkinlaitoksella on päämuuntajan tehon jakaminen johtolähdöille. Jakeluverkossa keskijännitekojeistot yhdessä suojajärjestelmän kanssa muodostavat toimivan kokonaisuuden. Kojestolta edellytetään käyttövarmuutta, henkilöturvallisuutta, riippumattomuutta ympäristökijöistä, kokonaistaloudellisuutta, hyvää käytettävyyttä ja huoltovapautta. /21/

Kojeistotyyppit jaotellaan ulkokuoren materiaalin perusteella metallikuorisiin (metal-enclosed) ja eristysainekuorisiin (insulation-enclosed) kojeistoihin. Suurin osa jakelukojeistoista on metallikuorisista kojeistoista. Metallikuoriset kojeistot jaotellaan kojeistojen sisäisen osastoinnin ja osastoinnissa käytettävän materiaalin perusteella kolmeen eri tyyppiin. Metallikoteloituun kojeistoon, missä kokoojakiskosto, katkaisija ja lähdön kojeet ovat omissa tiloissaan ja tilojen välinen osastointi on maadoitettua metallia. Tilakoteloituun kojeistoon (**Kuva 1.**), jossa kokoojakiskosto, katkaisija ja lähdön kojeet ovat omissa tiloissaan, lisäksi tilojen välinen osastointi on osittain tai kokonaan eristysainetta. Sekä kennokoteloituun kojeistoon, joiksi luokitellaan muut kun metalli- tai

tilakoteloitua rakennetta olevat kojeistot. Mikäli kojeiston pääasiallisena eristeenä toimii ilma, käytetään kojeistosta nimitystä ilmaeristeinen kojeisto. Kaasueristeisestä kojeistosta puhuttaessa tarkoitetaan kojeistoa jonka eristysaineena toimii eristyskaasu, joka on eri paineessa kuin normaali ilman paine. Kojestot voidaan jakaa kalustuksen rakenteen mukaan ulosvedettävillä kojeilla varustettuihin malleihin eli vaunukojestoihin, joissa kennon kytkinlaite on sijoitettu liikuteltavaan vaunuun. Näin vaunua siirtämällä aikaansaadaan virtapiirin luotettava avausväli erotointoimintaan. Toinen mahdollisuus on kiinteällä kalustuksella varustettu kojeisto, missä kojeet kuten katkaisijat, kuormaerottimet, mittamuuntajat jne. on asennettu kiinteästi kennorakenteisiin ja kiskostoihin. Rakenteeltaan nämä kojeistotyypit ovat usein kennokoteloituja kojeistoja. /21/, /23/



**Tilakoteloidun
keskijännitekojeiston
rakenne**

- A: Katkaisijatila
- B: Kokoojakiskotila
- C: Kaapelitila
- D: Toisiokojetila
- E: Purkauskanava

Kuva 1. Tilakoteloidun keskijännitekojeiston rakenne. /9/

3.2 UniGear ZS1

UniGear ZS1 on keskijännitekojeistomalli joita valmistetaan Tšekissä Brnon tehtaalla. UniGear ZS1-keskijännitekojeistot valmistetaan aina suunnitelmakohtaisesti. Mikäli asiakas kuitenkin erikseen tahtoo, voidaan kaikki kennot tehdä myös samalla suunnitelmalla ja näin nopeuttaa hieman projektin kulkua. Kennoista muodostetaan kojeisto (**Kuva 2.**), jonka sisällä kokoojakiskot muodostavat pää ja mahdollisen apukiskoston. Kojisto on ilmaeristeinen, tilakoteloitu ja varustettu ulosvedettävällä kojeella. UniGear ZS1-kojeistot käyttävät vaunukatkaisijoita (**Kuva 3.**), jotka voivat olla joko SF6-eristeisiä katkaisijoita (HD4) tai tyhjiöeristeisiä (VD4). /19/, /15/

UniGear ZS1-keskijännitekojeistoa on tarjolla myös kahdella kokoojakiskolla varustettuna mallina. Tämän tyyppistä käyttöä kutsutaan kaksikiskojärjestelmäksi. Se mahdollistaa kytkentämuutosten tekemisen kojeistoon ilman turhia käyttökatkoja. Näin saadaan aikaiseksi parempi sähkönjakelun käyttövarmuus. /9/, /11/



Kuva 2. UniGear ZS1-keskijännitekojeisto. /7/



Kuva 3. Vaunukatkaisijan tyypillinen rakenne. /9/

3.3 Projekti yleisesti

Projekti on sarja ainutlaatuisia, monimutkaisia ja toisiinsa kytkeytyviä toimintoja, joilla on yksi yhteinen tavoite tai päämäärä, joka pitää toteuttaa määrättyssä ajassa, määrättyllä budjetilla ja määrättyjen spesifikaatioiden mukaan. /22/

Projekti ei synny pelkästään nimittämällä työtä projektiksi. Projekti on se työ, joka tehdään määritellyn kertaluonteisen tuloksen aikaansaamiseksi. Se lähtee yleensä asiakkaan tarpeesta, joka voi olla joko sisäinen tai ulkoinen. Se on ajallisesti rajoitettu ja aikaansaa tietyn lopputuloksen. Projekti on usein suunnitelmallisesti toteutettu ja sen tekemiseen on organisaatio ja resurssit määritetty. Projekti on kertaluonteinen työkokonaisuus, jolla on selkeät tavoitteet ja lopputulos, suunnitelma johon nojaututaan sekä selvästi rajatut resurssit ja rajattu kesto. /17/

Projekti sisältää siis tehtävät, resurssit ja aikataulun. Projektin ja prosessin ero on siinä, että projektilla on aina oltava selvä päätepiste, jolloin tavoite on saavutettu. Prosessi on myös tapahtumaketju, mutta sillä ei ole määritettyä loppupistettä. /14/

Keskijännitekojeistoprojektia voidaan tarkastella kokonaisena projektina, tai se voidaan jakaa osaprojekteiksi projektivaiheen mukaan. Näin voidaan kokonaisuuden jakaa erikseen myynti-, suunnittelu-, valmistus-, toimitus-, ja käyttöönotto vaiheisiin. Tällainen tarkastelu helpottaa etsimään tuotantotehokkaampaa tapaa koko projektin kannalta ja pystymme hahmottamaan yksittäiset hidasteet sekä laatuun vaikuttavat tekijät kokonaisuuden kannalta.

4 PROJEKTIN VAIHEET

4.1 Myyntivaihe

4.1.1 Tarjouskysely

Asiakas tekee tarjouskyselyn koskien keskijännitekojeistoprojektia. Tarjouskysely lähetetään yleensä useimmille alan toimijoille ja näin kilpailutetaan keskijännitekojeistoprojekti. Tarjouskyselyyn on liitetty kohteen perustiedot ja tärkeimmät tekniset suunnitelmat kuten pääkaavio. /18/

Perustiedoista tulee selvitä mm. nimellisjännite, suurin käyttöjännite, nimellistaajuus, kiskoston nimellisvirta, syöttökatkaisijakentän nimellisvirta, lähtökenttien nimellisvirta, terminen oikosulkukestoisuus, dynaaminen oikosulkukestoisuus, onko verkko maasta erotettu vai kompensoitu, eristyskoejännite, syöksyjännitekestoisuus, minne kytkinlaitos asennetaan (lämpötila), ohjausjännite, varalaukaisun jännite ja noudatettavat standardit (IEC). Mikäli jokin näistä seikoista jää epäselväksi, tulee tarjouksen tekijän kysyä tarkennusta asiakkaalta, sillä nämä tiedot ovat välttämättömiä teknistä määrittelyä tehtäessä. /18/

Tarjouskysely koskee joko pelkkää keskijännitekojeistoa tai kokonaista sähköasemaa. Sähköasemaprojektissa tulee keskijännitekojeiston hinta laskea erikseen ja lisätä mukaan projektin kokonaiskustannuksiin. Asiakkaalle sähköasemasta ilmoitetaan kuitenkin yleensä vain yksi hinta. /18/

4.1.2 Tekninen määrittely

Tekninen määrittely tehdään asiakkaan tarjouskyselyssä antamien teknisten tietojen sekä vaatimusten perusteella. Tekninen määrittely kojeistolle tehdään UniGear Pro-ohjelmiston sekä tarjouksen tekijän teknisen tuntemuksen avulla. Kojeisto eritellään kennoihin, jonka jälkeen ohjelmisto luo kennokohtaisen

osaluettelon, jossa eritellään mm. kennoterminaalit, kontaktorit ja virtamuuntajat. /18/

4.1.3 Hinnan määräytyminen

Tarjouksen tekijällä on käytössään tekniseen määrittelyyn avuksi luotu UniGear Pro-laskentaohjelmisto, joka kertoo laitteiston valmistuskustannukset tehtaalla. Laskentaohjelmiston antaman valmistushinnan mukaan voi myynti-insinööri kysyä mahdollista alennusprosenttia ja näin saa laskettua kojeistojen tilauksen kokonaishintaa. Asennuskustannukset määritellään tekemällä tarjouskysely asennusurakointiyrityksille. Hinnan määräytymisessä tulee kiinnittää erityishuomiota asennusmaassa noudatettaviin standardeihin sekä asiakkaan antamiin erityisvaatimuksiin. Näistä tarjouksen tekijä ja myyntitiimi pystyvät toimistolla luomaan lopullisen tarjoushinnan, joka sisältää valmistushinnan ja asennushinnan lisäksi mm. suunnittelun hinnan sekä katehinnan. /18/

4.1.4 Tarjous

Myyntihinnan määräytyttyä tarjouksen tekijä lähettää tarjouksen asiakkaalle. Jos tarjoushinta miellyttää asiakasta, aletaan hinnasta käydä neuvotteluita, joissa tilauksen lopullinen myyntihinta ja tilauksen tarkat tiedot varmistetaan. Mikäli molemmat osapuolet hyväksyvät neuvotteluissa käydyn lopputuloksen ja allekirjoittavat sopimukset, syntyy kauppa. /18/

4.1.5 Kauppasopimus

Kauppasopimuksessa on määritelty kaikki tilaukseen kuuluvat ja edellyttävät seikat, kuten hinta, maksuerät, aikataulut sekä tekniset vaatimukset. Kauppasopimus on oikeusteknisesti sitova asiakkaalle sekä projektin toimittajalle. Siinä on usein erikseen määritelty sopimuksen poikkeamisesta aiheutuvat sanktiot, kuten myöhästymisestä aiheutuvat sakot. /18/

4.2 Aloituspalaveri

Aloituspalaveri pidetään heti kauppasopimuksen sopimisen jälkeen. Aloituspalaverin pitopaikkana toimii yleensä ABB:n Vaasan toimisto. Aloituspalaveriin osallistuu projektipäällikkö, pääsuunnittelija, projekti-insinöörit ja projektista riippuen myös tehtaan suunnittelun edustaja sekä logistiikkavastaava. Aloituspalaverissa käydään kaikille projektiin osallistuvien kesken läpi vastualueet sekä aikataulut. Palaverissa luodaan pöytäkirja, jossa käsitellään projektin perustiedot, projektiin kuuluvat riskit sekä projektin sisäinen katsaus, jossa määritellään vastualueet sekä eritellään projektin aikataulut. Aloituspalaverissa projekti siirtyy myynniltä projektiryhmälle, ja on tärkein yksittäinen palaveri projektin etenemisen kannalta. /13/

4.3 Hankinta ja kojeiston tilaus

Kauppasopimuksen ja aloituspalaverin jälkeen on projektiin tehtävä kojeistotilaus ennen varsinaisen suunnitteluprosessin aloittamista. Kojeston tilaus alkaa käytännössä teknisestä määrittelystä, jossa UniGear Pro-työkalu määrittelee keskijännitekojeistossa käytettävät komponentit. Pääsuunnittelija käy läpi aloituspalaverin jälkeen kojeiston komponenttilistan, josta pääsuunnittelija tekee virallisen hankinta-aloitteen. Hankinta-aloite siirtyy käsiteltäväksi projektipäällikölle SAP-tuotannon ohjausjärjestelmän välityksellä. Projektipäällikön hyväksyttyä hankinta-aloite, siirtyy dokumentti hankintainsinöörille joka tekee varsinaisen tilauksen kojeistosta tehtaalte.

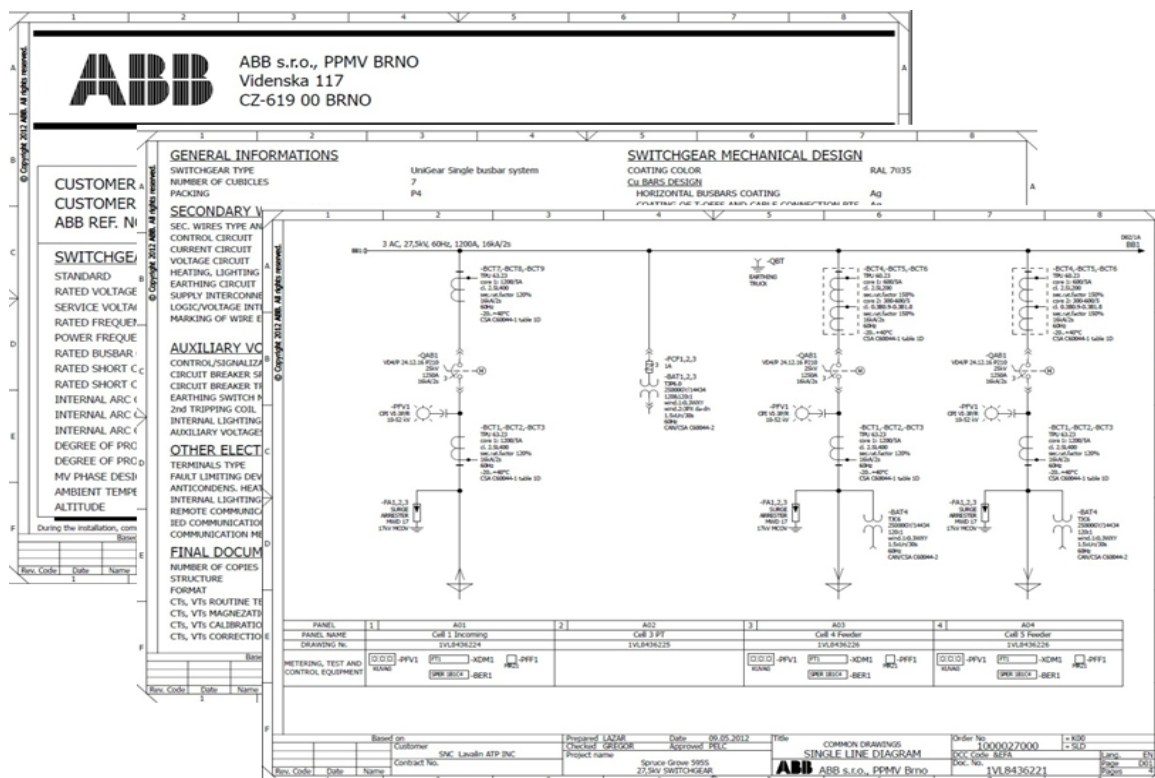
4.4 Suunnittelu

Keskijännitekojeistoprojektin suunnittelu koostuu kolmesta osa-alueesta, periaatesuunnittelusta, tyyppikenttäsuunnittelusta sekä relekonfiguraatioiden tekemisestä. Periaatesuunnitelma on pohja koko projektin etenemiseksi. Tyyppikenttäsuunnittelu on tarkempaa suunnittelua, jossa tehdään mm.

piirikaavio ja lukituskuvat. Suunnitelmien aikataulut päätetään erikseen aloituspalaverin yhteydessä.

4.4.1 Periaatesuunnittelu

Periaatesuunnittelu on suunnittelua joka on projektin etenemisen kannalta välttämätöntä (**Kuva 4.**). Se tehdään asiakkaan kanssa yhteistyössä. Periaatesuunnitteluun kuuluu aikataulusuunnittelu, resursointi, tarkan pääkaavion tekeminen, maadoituskaavion tekeminen ja suojauskaaviot. Periaatesuunnittelun tarkoituksena on luoda edellytykset muun suunnittelun tueksi siten, että muu suunnittelu voidaan tehdä vaivattomasti periaatesuunnitelmien pohjalta. Periaatesuunnitelmat tehdään ABB:n Vaasan Substations-yksikössä ja lähetetään ABB:n Brnon tehtaalte pohjatiedoiksi tyyppikenttäsuunnittelulle ja materiaali tilauksille. Periaatesuunnitteluun kuluva aika on yleensä noin 1-2-viikkoa, projektin laajuudesta ja kiireellisyydestä riippuen. /19/



Kuva 4. Periaatesuunnitteluun kuuluvia kuvia. /15/

4.4.2 Tyypikenttäsuunnittelu

Tyypikenttäsuunnittelu on tarkempaa suunnittelua, joka tehdään hankintavaiheessa annettujen tietojen sekä periaatesuunnitelmien pohjalta. Tyypikenttäsuunnittelu pitää sisällään piirikaaviot, aukotuskuvat, layout-suunnitelman, tehtaan pääkaavion, lukitus kuvat sekä kennojen väliset johdotukset. Tyypikenttäsuunnittelussa tehdään yleensä muutokset vakiopohjien päälle, näin suunnittelusta saadaan tehokkaampaa. Tyypikenttäsuunnittelu tehdään Brnon toimistolla, josta suunnittelija lähettää edelleen Vaasan pääsuunnittelukonttorille hyväksyttäväksi. Mikäli kuvissa ilmenee virheitä, tehdään Vaasan toimistolla kuviin korjaukset selityksineen ja lähetetään takaisin korjattavaksi Brnon toimistolle. Tämä toistuu kunnes kaikki tyypikenttäsuunnittelun kuvat hyväksytään Vaasan toimistolla. Tyypikenttäsuunnitteluun kuluva aika on tyypillisesti 2-4 viikkoa, mikä riippuu projektiin laajuudesta, käytettävissä olevista resursseista ja projektin kiireellisyydestä. /19/

4.4.3 Relekonfiguraatiot

Alustavat relekonfiguraatiot on tarkoitus tehdä Vaasan toimistolla ennen kojeiston tehdastestauksen aloittamista. Ellei Vaasan toimisto ole ehtinyt näitä tekemään, tekee ne Brnon toimisto. Valmiit relekonfiguraatiot lähetetään tehtaalle testauksen yhteydessä ladattavaksi releisiin. Relekonfiguraatioilla tarkoitetaan releiden IO-tulojen ja lähtöjen ohjelmointia kullekin kennolle, oikeanlaisen toiminnan aikaansaamiseksi. Toiminnalla taas tarkoitetaan releen lukitus-, hälytys- ja laukaisutoimintoja. Relekonfiguraatiot tehdään suojauskaavioiden sekä piirikaaviokuvien pohjalta.

4.4.4 Lopullinen dokumentaatio

Lopullinen dokumentaatio koostuu lopullisesta periaatesuunnitelmasta, hyväksytyistä lopullisista tyypikenttäsuunnitelmista, lopullisista relekonfiguraatioista sekä käyttöönottovaiheen työmaatestien pöytäkirjoista.

Mikäli työmaalla käyttöönottovaiheen aikana tulee muutoksia suunnitelmiin, tulee nämä dokumentoida loppusuunnitelmaan. Loppudokumenteista selviää siis minkä mukaisesti keskijännitekojeisto on asennettu, kytketty ja kojeiston lopullinen toiminta. Loppudokumentaatiosta vastaa toimittaja, joka tässä tapauksessa on Vaasan toimisto. Toimistolla on käytössään verkkoasemalta löytyvä ABB:n oma projektiportaali, minne uusimmat kuvat sekä loppudokumentit päivitetään. Projektin lopussa lopullinen dokumentaatio lähetetään luovutuksen yhteydessä asiakkaalle.

4.5 Valmistus

UniGear ZS1-keskijännitekojeistoja valmistetaan ABB:n Vaasan toimiston markkina-alueelle Tšekissä ABB:n Brnon tehtaalla, missä varsinainen tyyppikenttäsuunnittelukin tehdään. Ensimmäisenä tehtaalle tulleesta tilauksesta tilataan periaatesuunnitelmien pohjalta kaikki kriittiset komponentit. Tällaisia komponentteja ovat mm. mittamuuntajat ja suojarieleet. Varsinainen valmistus tehtaalla aloitetaan lopullisten tyyppikuvien hyväksymisen jälkeen. Jokainen keskijännitekojeiston kenno valmistetaan yleensä suunnitelmakohtaisesti. Mikäli asiakas erikseen on ilmoittanut, että kaikki tilattavat kennot halutaan täsmälleen samanlaisiksi, voidaan kaikki kojeiston kennot tehdä saman suunnitelman pohjalta ja näin läpimenoaikaa saadaan hieman nopeutettua. /15/

Kennon valmistusprosessi voidaan jakaa kahteen valmistusvaiheeseen, toisiokojetilan sekä primääriosion valmistukseen. Toisiokojetila tarkoittaa kojeiston yläpuolella sijaitsevaa pienjännitekytkentäkaappia, jossa sijaitsee kennon ohjauskomponentit ja jossa ohjaus tapahtuu ainoastaan pienjännitteillä (0-1000 V). Primääriosio sisältää kaikki muut kennon osat jotka ovat keskijännitteen välittömässä läheisyydessä. Kojeistoprojektin valmistuksessa läpimenoaika vaihtelee riippuen paljon projektin laajuudesta, valmistusvaiheen vaikeudesta, tehtaan kapasiteetista sekä projektin kiireellisyydestä. Normaali valmistukseen kuluva aika on kuitenkin noin 14 viikkoa. /15/

4.5.1 Toisiokojetilan valmistus

Toisiokojetila jaetaan asennusalueisiin kuten ovi ja asennuslevyt. Toisiokojetilasta jokainen instrumentti asennetaan ensiksi asennuspinnalleen. Tämä tapahtuu asentamalla komponentit ensiksi niille kuuluville paikoilleen, jonka jälkeen johdotetaan komponentit niin, että johtimien toinen pää jätetään kytkemättä ja jätetään riittävästi varaa johtimiin (**Kuva 5**). Lopulta asennetaan asennuspinnat kuten ovi ja asennuslevyt paikoilleen toisiokojetilaan, sekä tehdään johtimien loppuun kytkentä kuvien mukaisesti. /15/



Kuva 5. Komponentit johdotettuina asennuspinnnoille. /15/

4.5.2 Primääripuolen valmistus

Primääripuolen valmistus alkaa runko-osien valmistuksesta. Rungon valmistus aloitetaan tehtaalla siten, että automaattinen linjasto kuljettaa alumiinisinkkilevyt levyn leikkaukseen. Levynleikkaus toimii ohjelmoidun ohjelman mukaisesti siten, että se leikkaa levyt ohjelmoinnin mukaisesti halutun muotoisiksi. Kun levyt ovat halutun muotoisia, vie automaattilinjasto leikatun materiaalin sille kuuluvaan varastoon. Ennen asennusta materiaali siirtyy levyn taivutukseen, jossa taivutetaan materiaali lopulliseen muotoonsa. Taivutettu materiaali varastoidaan erilliseen

tavutettujen runko-osien varastoon. Runko-osien valmistus on siis kokonaan automatisoitua kokoonpanoon asti. /15/

Taivutetut rungon osat kootaan rungon kokoonpanoalueella. Kokoonpanon jälkeen paneelit testataan korkeajännitelaboratoriossa. Valmiit rungot siirretään loppukokoamispaikalle, jossa runkoon asennetaan muut primääriosat ja toisiokojetila. /15/

4.5.3 Tehtaalla tapahtuva esitestaus

Tehtaalla tehdään ennen kojeiston FAT-testiin saattamista valmistelevat testit, joissa tarkistetaan lähes kaikki kojeiston toimintaan liittyvät asiat tarkkojen ohjeistuksien avulla. Esitestaus sisältää täsmälleen kaikki samat testit kuin FAT-testaus. Valmistelevat testit ovat hieman kattavammat kuin FAT- testit. Testien lomassa ladataan releisiin oletusasettelut ja konfiguraatiot sisään. Aseteltuja releitä ei yleensä testata suojauksiltaan Brnon tehtaalla testeissä, ainoastaan releen paikallisohjauksien toiminta testataan. Lopulta testauksessa tarkastetaan, että kojeistot ovat virheettömiä, ei naarmuja, ei likaa, eikä puuttuvia osia. Tehtaalla tehtävät valmistelevat testit raportoidaan vaan paperiversioina.

4.6 FAT - testaus

Jokaiselle ABB:n tekemälle ZS1 keskijännitekojeiston kennoille tehdään tehtaalla FAT-testit, jotka varmentavat tehtaan tekemien tuotteiden laadun. Testiraportit taltioidaan Brnon toimiston omaan projektitietokantaan sekä kansioihin. FAT-testeihin kuuluu toiminnan testaaminen ja suoja- sekä turvapiirien tarkistamista. FAT-testauksen ajaksi kutsutaan usein asiakkaan edustaja valvomaan testejä. Testauksissa käytettävät jännitteet, testausajat ja testeissä tehtävät vaiheet riippuvat kojeistolle sovellettavasta standardista ja asiakkaan vaatimuksista. Kuitenkin periaatteellisesti testit tehdään seuraavissa portaissa.

4.6.1 Visuaalinen tarkistus

Tehtaalla tehtävät testit alkavat yleensä visuaalisesta tarkastuksesta, missä tarkastetaan kaikki silmin tarkastettavat toiminnan ja tuotteen laadun kannalta merkityksellisimmät asiat. Testissä tarkastellaan kennon toiminnan kannalta tärkeimpiin toimintoihin vaikuttavat tekijät silmämääräisesti sekä kevyesti tunnustelemalla, tällaisia ovat mm. kojeiston maadoitukset. Kaikki tarkistetaan yksilöllisesti kennon omien kuvien mukaisesti. Visuaalinen tarkastelu tehtaalla kestää yleensä 30 min kennoa kohden. /12/

4.6.2 Mekaanisen toiminnan testaus

Mekaanisen toiminnan testaus sisältää kennon toiminnan kannalta tärkeimpien mekaanisten elementtien toiminnan tarkistuksen. Tällaisia ovat mm. mekaaniset lukitukset ja kennon käyttöön liittyvät turvallisuusseikat. Mekaaniset lukitukset ovat kojeiston käytön kannalta suurimpia turvallisuustekijöitä, joten testin merkitys turvallisuuden kannalta on suuri. Mekaaniseen tarkasteluun kuluu aikaa tehtaalla noin tunnin kennosta riippuen. /12/

4.6.3 Toiminnan testaus

Toiminnallisuuden testauksessa tarkastellaan kennon sekä katkaisijan, jännitemuuntajan tai kontaktorikatkaisijan toimintaan vaikuttavat sisäiset virtapiirit. Katkaisijakojeistot sisältävät usein tilaajasta riippuen erilaisia katkaisijan ja erottimen asentotietoja, sekä hälytys- ja lukituspiirejä. Toiminnallisuuden testauksessa kaikki nämä piirit mennään kennosta läpi yksitellen. Testaukseen kuluu aikaa noin tunnin kennosta riippuen. /12/

4.6.4 Jännitekestoisuuden testaus

Testin tarkoituksena on syöttää kennojen välille jännite, mitata näin vuotovirtaa ja varmistaa, ettei mitään tavallisesta poikkeavaa lyhytkestoisella ylijännitteellä pääse tapahtumaan. Testissä kokoojakiskosto korvataan

korkeajännitekaapeloinnilla. Kenno läpäisee testin, mikäli vuotovirrat eivät poikkea tavallisesta eikä läpilyöntiä ilmene. Testissä syötettäväjännite riippuu noudatettavasta standardista ja kojeiston nimellisjännitteestä. Testin kesto on noin 30 min. /12/

4.6.5 Eristysvastusmittaus ohjaus- ja apuvirtapiireissä

Eristysvastusmittauksen tekeminen ohjaus- ja apuvirtapiireille tehdään syöttämällä jännite niiden sekä kennon rungon välille. Mittalaite syöttää jännitteen ja seuraa samalla vastuksen muutosta. Mittatulokset testistä kirjataan ylös. Testit ovat onnistuneita, ellei testien aikana tapahdu mitään tavallisesta poikkeavaa, kuten läpilyöntejä ja eristysvastusten arvot vaikuttavat tavallisilta. Testaus kestää kokonaisuudessaan noin tunnin. /12/

4.6.6 Päävirtapiirien resistanssin mittaus

Kojeiston päävirtapiirien resistanssin mittaus suoritetaan syöttämällä virtaa päävirtapiiriin läpi ja laskemalla päävirtapiirin aiheuttamat jännitehäviöt. Testissä tulee huomioida virtamuuntajien vaikutus testin lopputuloksessa. Kojeisto läpäisee testin, mikäli päävirtapiirissä tapahtuvat jännitehäviöt eivät ylitä sille asetettuja rajoja. Testin kesto on noin tunnin. /12/

4.6.7 Mittaus- ja suojavirtapiirien testaus

Testissä testataan, että mittausvirtapiirit toimivat oikein, mikä on tärkeää sillä kaikki kojeiston suojaustoimintojen laukaisuarvot mitataan kennojen mittamuuntajien suureista. Mittamuuntajien testauksessa syötetään muuntajien lävitse sopiva virta tai jännite ja katsotaan mittalaitteella tuleeko toisiopuolelle muuntosuhteen mukaiset suureet. Mikäli muuntajien testatussa muuntosuhteissa ei ilmene toleranssia suurempaa mittavirhettä, testi on läpäisty. Testin kesto on noin tunnin. /12/

4.7 Kojeiston luovutus ja kuljetus tehtaalta

FAT-testauksen jälkeen kojeisto on valmis luovutettavaksi tehtaalta. Luovutuksen yhteydessä tehdas lähettää kojeiston kuvat Vaasan toimistolle noin 2-viikon kuluessa FAT-testistä. Kuvat tulevat Vaasaan joko paperiversioina tai cd:llä, riippuen hankinnan yhteydessä tehdyistä sopimuksista. Testien jälkeen tehdas ilmoittaa tilaajalle, tässä tapauksessa Vaasan toimistolle, kojeiston tarkan toimituspäivämäärän asennuspaikalle. Toimitus tapahtuu kojeiston hankinnassa sovitulla ja läpikäytyillä ehdoilla. Näihin ehtoihin kuuluvat mm. mitä kuljetetaan, miten kuljetetaan, kuka hoitaa kuljetuksen, toimitusehdot sekä kuljetuksen aikataulut. Aloituspalaverin jälkeen logistiikkavastaava tekee projektia koskevan dokumentointi- ja merkintäohjeen. Ohje sisältää mm. laivausmerkin, tavaran maahantuojaan nimen, toimitusosoitteen, listan vaadittavista asiakirjoista, ja niiden muusta sisällöstä. Kotimaan projekteissa kojeistojen hankintaa koskevana toimitusehtona käytetään yleensä CIP-substation, jolloin kojeistotoimittaja vastaa kuljetuksesta. Ulkomaan projektissa puolestaan käytetään hankinnoissa toimitusehtoina FCA-Brno, jolloin Vaasan toimiston logistiikkavastaava neuvottelee rahtisopimuksen tehtaalta aina määrärahan sähköasemille saakka. Vientiprojekteissa EU:n ulkopuolelle käytetään myynnin toimitusehtona DDU-site.

Lähetysten saavuttua sähköasemalle kollimäärä ja kollien kunto tarkastetaan ja jos kollit ovat vioittuneet tai kollimäärä ei vastaa rahtikirjassa mainittua kollimäärää, tehdään eroavaisuudesta johtuva merkintä rahtikirjaan. Huomautuksen yhteyteen on aina muistettava kirjoittaa myös päivämäärä ja vastaanottajan allekirjoitus, pelkkä rahtikirjan vastaanottajan allekirjoitus ei ole pätevä silloin, kun aletaan selvittää asiaa vakuutusyhtiön kanssa.

4.8 Kojeiston asennus

4.8.1 Tarkastukset ennen asennusta

Kojeiston kokoaminen työmaalla on projektin onnistumisen kannalta usein kriittinen vaihe. Kennot tulee tarkistaa ennen asennusta mahdollisten kuljetusvaurioiden ja tehtaalta pois jääneiden tarvikkeiden varalta. Tällöin rikkoutuneet tai puuttuvat osat pystytään tilaamaan työmaalle mahdollisimman nopeasti ja näin turhilta viivästyksiltä välttämään. Keskijännitekojeiston asennuspaikan on oltava valmis ennen kojeistojen asentamista, näin välttämään rakennusvaiheen pölyn ja lian kulkeutumiselta kojeiston sisään asennusvaiheen yhteydessä. Asennuspaikan lattian on oltava riittävän tasainen että kojeisto kiinnittyy tasaisesti suorassa linjassa yhteen, ohjeistuksena tähän käytetään metrin alalta ± 1 mm toleranssia ja 3 mm toleranssia koko kojeiston alalta. /10/

4.8.2 Kojeiston asennus

Kojeisto tulee asentaa lattiaan suoraan linjaan asennusohjeiden mukaisesti. Kojeiston ollessa paikallaan yhdistetään kennot toisiinsa, asennetaan kokoojakiskot, mahdollinen purkauskanavisto sekä kiertokaapeloinnit kennojen välillä. Kokoojakiskojen asennuksessa on tärkeää, että kiskot asennetaan ohjeiden mukaisesti siten, että pultit on kiristetty vaadittuun momenttiin. Kiskojen kiinnityksessä pulteille yleisesti käytetään alla olevan taulukon mukaisia momentteja (**Kuva 6**). Kiskojen kiinnityksen yhteydessä on varmistettava, että eristemuovit asetellaan suojaamaan pultattuja kohtia ja ettei kiskokanavaan jää likaa eikä roskia. Kojeistojen paikalleen asennuksen jälkeen voidaan kojeistoihin asentaa liittymis- ja lähtökaapelit. Liittymiskaapeleiden eristysvastus mitataan ennen varsinaista liittämistä, näin varmistetaan että kaapeliin ei ole asennusvaiheessa tullut vahinkoa. /7/

Size	Nm
M6	8.6
M8	21
M10	42
M12	72
M14	114
M16	174

Kuva 6. Kokoojakiskojen pulttien momenttisuositus. /16/

4.8.3 Työmaalla tehtävät muutokset

Keskijännitekojeistoprojektiin kuuluu olennaisena osana työmaalla tehtävät muutokset, joita projektin edetessä tulee tehtäväksi useimmissa projekteissa. Muutokset koskevat yleensä kojeistojen sisäisiä johdotuksia, eritoten lukitus- sekä asentotietoja. Muutoksen syy on yleensä asiakkaan halu saada erilaisia lukituksia tai asentotietoja kuin mitä alkuperäinen suunnitelma on sisältänyt. Toinen yleinen syy on suunnittelussa tai valmistuksessa tapahtunut virhe. Muutokset kojeistoihin tehdään usein käyttöönottovaiheen yhteydessä. Työmaalla tehtävät muutokset kuuluvat kojeiston toimittajalle, mutta työt voi suorittaa joko urakoitsija, käyttöönottohenkilökunta tai tehtaan henkilökunta. Muutostöiden tekijä päätetään usein kiireen ja kustannusten perusteella. Hyvin pienissä muutoksissa tekijä on usein käyttöönottohenkilöstö, suuremmissa taas muutokset teetetään asennusurakoitsijalla. Mikäli muutostyöt johtuvat tehtaalla sattuneesta virheestä, muutostöistä laskutetaan tehdasta tai virheet tulee korjaamaan tehtaan henkilöstö.

4.9 Käyttöönotto

4.9.1 Kojetotestaus

Kojetotestaukseen kuuluu mekaanisten ja visuaalisten tarkistusten tekeminen. Kojetotestauksessa tulee tarkistaa että kaikki mittarit ja komponentit ovat samoja kuvissa ilmoitettujen kanssa, ja että pääpiirit menevät kuvien mukaisesti.

Kojeistotestauksessa tulee tarkistaa mekaaniset lukitukset sekä, että asennukset on tehty oikein. Asennuksien tarkistukseen kuuluvat asiat, kuten maadoitusten sekä asennettujen kaapeleiden tarkastus. Kojeistotestaukseen kuuluu lisäksi mm. katkaisijavaunun sisään ja ulosvedon toimivuus. Testaukseen kuuluu myös kojeiston kokoojakiskojen eristysvastusmittaukset, joissain projekteissa testataan liittymiskaapelit sekä ohjauskaapelit. Eristysvastusmittaukset toteutetaan erillisellä mittauslaitteistolla ja tarkat tulokset kirjataan ylös. Kojeistotestaus voidaan merkata läpäistykseksi, mikäli mitään normaalista poikkeavaa kojeistoa testatessa ja tarkastaessa ei huomata.

4.9.2 Katkaisijan sisäisten piirien testaus

Katkaisijan sisäiset piirit testataan vain kennosta joka sisältää katkaisijavaunun. Katkaisijan sisäisten piirien testauksessa testataan kaikki katkaisijatoimintaan vaikuttavat ohjauspiirit (lukitus-, laukaisu- ja virityspiirit) sekä asentotietojen välittyminen. Nämä tarkistetaan kuvista ja läpikäytyt piirit merkitään tarkasti dokumentteihin. Toimivuus todetaan toimintojen avulla, eikä pelkästään piirien jatkuvuuden mittaamisella. Toiminnalla tarkoitetaan esimerkiksi katkaisijan laukaisua.

4.9.3 Releasettelut ja -konfiguraatio

Releasettelut tehdään usein vasta kun kojeistoon liittyvät mittaus, lukitus- ja asentotietopiirit on todettu toimiviksi. Viimeiset releasettelut tehdään vasta työmaalla, tässä yhteydessä joudutaan usein muokkaamaan myös relekonfiguraatioita. Kun on varmistuttu, että testattavat releet sisältävät juuri oikeat suojaukset, oikeanlaiset ulostulot ja varmistettu releiden kommunikointi, voidaan suorittaa varsinainen releiden testaus.

4.9.4 Reletestaus

Reletestaus on keskijännitekojeistoprojektissa usein viimeinen testausvaihe. Reletestausta helpottaa, mikäli käyttöönottotestauksen muut vaiheet on tehtyinä.

Tämä siitä syystä, että vikatilanteen ilmetessä vian aiheuttaja olisi helpommin löydettävissä. Reletestauksessa periaatteena on testata releen laukaisuportaat siten, että syötetään mahdollisimman vähän ylittävää tai alittavaa suuretta testisimulaattorilla ja mitataan releen laukaisuajat, suureet ja suojausfunktiot jotka aiheuttivat laukaisun. Lopulta dokumentoidaan kaikki testit ja seurataan siirtykö virheilmoitus sekä laukaisu esimerkiksi ohjauspaneelille. Mikäli vikoja ilmenee, pyritään viat korjaamaan paikanpäällä. Reletesteille on käytössä yleisesti käytössä olevat pöytäkirjapohjat.

4.9.5 Testauksen dokumentointi

Kojeistosta tehdyt läpimenneet testit dokumentoidaan välittömästi tehtyjen testien jälkeen. Kojeistoprojektissa tehdyistä testauksista tehdään viralliset pöytäkirjat joihin kirjoitetaan projektin, kennon, releiden ja testauslaitteen tiedot sekä testaajan allekirjoitus. Dokumentit luovutetaan luovutusvaiheessa asiakkaalle ja valmiit dokumentit arkistoidaan ABB:n projektiportaaliin. Käytössä on tällä hetkellä testaajakohtaisia pöytäkirjapohjia, jotka ovat sähköasema- ja relekohtaisia. Dokumentointi on olennainen osa projektin laatutyötä, sillä allekirjoitetut pöytäkirjat tuovat vakuuden, että kojeistot ovat asianmukaisesti toimivia.

5 PROJEKTIIN LIITTYVIÄ KEHITYSIDEOITA

5.1 SWOT – analyysin mukainen tarkastelu

Aluksi otetaan kantaa keskijännitekojeistoprojektiin tutulla SWOT-analyysillä ja yritän löytää kokonaisprosessin kannalta vahvuudet, heikkoudet, mahdollisuudet sekä uhat. Tutkimusmenetelmää käyttämällä toivon olevan helpompi eritellä asioita, joihin vaikuttamalla voitaisiin tehostaa tai parantaa prosessikokonaisuuden etenemistä. Nämä aatteet ovat kuitenkin yleismaailmallisia ja muutoksia mietteisiin liittyen on vaikea saada aikaan.

Ensiksi tutkitaan vahvuuksia, jotka liittyvät kokonaisprosessiin ABB:n valmistamissa keskijännitekojeistoprojektissa. Vahvuus ABB:llä kilpailijoihin nähden on yrityksen tuoma suuren tilaajan etu hankintahinnoissa, tähän liittyen etu on myös että ABB valmistaa itse suuren osan tarvikkeista joita valmistukseen käytetään, tällaisia ovat mm. virtamuuntajat sekä kennotermiinaalit. Etuna tästä on ABB:n saamat alennukset hinnoissa, sekä näin raha saadaan pysymään organisaation sisällä, jolla ABB:lle yrityksenä on merkittävä etu. ABB:n maine, kansainvälisyys ja tunnettavuus maailmalla ovat myös tärkeässä osassa, sillä myynnin kannalta tunnettavuus ja maine ovat selvät myyntivaltit. Uudet asiakkaat tietävät keneltä pyytää tarjousta kojeistoprojektista.

Prosessin kuuluvia heikkouksia ovat esimerkiksi ABB:n suurelle organisaatiolle ominainen hitaus reagoida muutoksiin. Reagointihitaus johtuu usein suuressa yrityksessä vallitsevasta tiukasta byrokratiasta, sekä koska vastuu jakautuu monelle ihmiselle ja tästä syystä ei uskalleta ottaa vastuuta muutoksista. Keskijännitekojeistoprojektissa lisäksi korostuu hajautetun suunnittelun sekä hajautetunvalmistuksen aiheuttamat epäkohdat. Tällaisia epäkohtia ovat esimerkiksi tietojen hukkuminen sekä tiedonkulun hitaus. Lisäksi se että suunnittelussa on hankala puuttua ja kehittää asioita joita voitaisiin muuttaa valmistusprosessissa.

ABB:n toimittamassa keskijänniteprojektissa mahdollisuuksina ilmenee ABB:n tyyppisen suuren ja innovatiivisen yrityksen into lähteä erikoisprojekteihin mukaan ja pyrkiä luomaan uudentyyppisiä keskijännitesuojauksia. Mahdollisuutena voisimme laskea myös kansainvälisyyden, joka tuo kilpailukykyä sekä mahdollisuuden tehdä kauppaa maanosasta ja maasta riippumatta. Myös maantieteellinen sijainti Vaasan toimistolle on mahdollisuus, sillä markkina-alueeseen kuuluu itä-naapuri Venäjä, jonka sähkönjakeluverkot ovat tunnetusti epävarmoja ja kunnoltaan heikkoja. ABB:n sähköasemaratkaisulla Venäjällä on mahdollista saada sähköverkkojen luotettavuus kuntoon. Tilaamalla ABB:ltä laadukkaita sähköasemia, sisältyy niihin myös kytkinasema, joka pitää usein sisällään tässä työssä käsiteltävän keskijännitekojeistoprojektin.

Keskijännitekojeistoprojektia tutkiessamme mahdollisiksi uhkiksi prosessin kannalta voidaan laskea alan kilpailijat sekä laatuongelmat. ABB:n tekemät keskijänniteprojektin pitää onnistua paremmin kuin kilpailijoiden vastaavat, olla kilpailukykyisiä hintansa ja ominaisuuksiensa puolesta, näin estetään että kilpailijat eivät pääse valtaamaan markkinaosuutta. Laatuongelmia parantaakseen pitää ongelmiin puuttua tehokkaasti ja selvittää perusteellisesti mistä ongelmat johtuvat ja miten nämä olisi voitu estää.

SWOT- analyysin lopputulokseksi voimme olettaa että keskijännitekojeisto projektissa on suuri vaikutus ABB:n suuren organisaation tuomilla ominaisuuksilla. Tästä johtuviin haittavaikutuksiin tulisi mielestäni puuttua, ja luoda pienen työympäristön hyödyt prosessin ympärille. Tällaisia muutoksia saataisiin muun muassa aikaan byrokratiaa muuttamalla ja yhteistyötä tehtaan sekä Vaasan suunnitteluyksikön välillä tiivistämällä. Suuri organisaatio tuo mukanaan myös etuja, näitä etuja on pyrittävä käyttämään tehokkaasti hyväksi, mutta on samalla pyrittävä toimimaan koko organisaation etujen mukaisesti. Toistuvat laatuongelmat voivat vaikuttaa ABB:n imagoon negatiivisesti ja siksi laadusta on pidettävä erityisen hyvää huolta projektista riippumatta. Vaasan toimiston osalta etuna on maantieteellinen sijainti, eteenkin idän vankka

taloudellinen tilanne, joka toivottavasti saa aikaan sähköverkkojen uusimista markkina-alueella.

5.2 Suunnittelun organisointi

Suunnitteluprosessissa vaikuttaa tällä hetkellä olevan informaatiokatkoksia ja ylimääräistä sekaannusta, joka johtuu suunnittelun sekä valmistuksen hajautuksesta. Selvät toimintamallit suunnittelutoimistoiden sekä valmistuksen välillä tekisi projektinhallinnasta helpompaa ja selkeyttäisi toimintaa.

Tietyn tyyppiset ohjeet tällä hetkellä on olemassa, mutta ne ovat epäselvät tehtaan sekä Vaasan toimiston välillä. Tehtaalta suunnittelijoiden tekemät tyyppikenttäsuunnitelmat on ohjeistettu lähetettäväksi kunkin projektin päällikölle Vaasan toimistoon. Tämä siirtää ne edelleen projektiportaaliin, josta projekti-insinöörit tai pääsuunnittelija pääsee kuviin käsiksi. Projektien lomassa on havahduttu menettelyyn, jossa Brnon toimistolta kuvat tulevatkin ohjeista poiketen suoraan pääsuunnittelijalle. Tästä johtuen olisi hyvä selvittää heidän suunnitteluosastonsa kanssa selvät toimintaohjeistukset.

Toimintamalliin liittyy uhka, että projektipäällikkö saattaa olla esimerkiksi sairaslomalla ja kuvat jäävät sähköpostiin, jonka johdosta projekti saattaa viivästyä. Helpotusta tilanteeseen voitaisiin tuoda ABB:n tietokantojen käyttämisessä suunnittelukonttoreiden väliseen kuvien lähetykseen. Projektiportaaliin tai muuhun tietokantaan voitaisiin luoda oma tietokanta, minne hyväksymättömät, korjattavat ja valmiit kuvat lähetetään. Siten hyväksymättömien kuvien kansioon pystyvät Brnon tehtaan suunnittelijat lähettämään kuvat suoraan, ja sieltä Vaasan toimisto voi ottaa ne tarkasteltavakseen. Näin kaikilla olisi mahdollisuus löytää kuvat, eikä sairauspoissaolot tai muut ennalta arvaamattomat tilanteet vaikuta projektin etenemiseen. Lisäksi kaikkien olisi näin helpompi löytää tarvittavat dokumentit.

5.3 Mittamuuntajien standardisointi

Keskijännitekojeiston valmistusprosessissa kuluu suurin osa koko keskijänniteprojektiin kuluva ajasta, 14 viikkoa eli yli puolet projektin kestosta. Tähän kannattaa kiinnittää huomiota, mikäli projekti on kiireinen. Mittamuuntajien tilaaminen vaikuttaisi olevan selvästi kojeiston valmistamista hidastava vaihe. Tämän nopeuttaminen toisi koko projektin aikataulua ajatellen suuria säästöjä ajankäytössä. Ajatuksena tähän liittyen on mittamuuntajien osittainen standardisointi. Näin standardisoituja mittamuuntajia voidaan pitää varastossa tehtaalla ja jatkossa osa muuntajista saataisiin ilman toimitusaikaa.

Erikseen mitoitettavien mittamuuntajien sijasta ABB on kehittänyt omat mittasensorit, joita ei tarvitse mitoitaa aivan niin suurella tarkkuudella, vaan yksi malli voi mitata suurempaa virta- tai jänniteskaalaa pienellä mittavirheellä. Sensoriteknologiassa haittapuolena on, että mikäli halutaan käyttöön useampi virta tai jännite ulostuloja, yhteen sensorimuuntajaan ei voi kytkeä kuin yhden ulostulon. Tämä rajoittaa mittasensorien käyttöä suuressa osassa keskijännitekojeistoprojekteja. /20/

5.4 Tehtaalla tapahtuvan testauksen kehitysideat

Tehdastestauksen voitaisiin kiinnittää vielä suurempaa huomiota, sillä kaikki työmaalla tehtävät testit voitaisiin tehdä jo tehtaalla, mikäli tämä on mahdollista. Näin koska, toimimisvarmuuden parantamisella tehtaalla säästetään usein enemmän kun sillä, että viat joudutaan korjaamaan työmaalla. Pahimmassa tapauksessa korjaukset työmaalla saattavat viivästyttää projektia ja johtaa huomattaviin viivästyskorvauksiin.

Testauksissa voisi tehdä muutamia testejä lisää. Esimerkiksi kontaktipintojen momentit voitaisiin tarkastaa toiseen otteeseen mekaanisessa tarkastelussa. Toinen huomio on, että testaus ohjeissa ei erikseen mainittu virtamuuntajien napaisuuden tarkistusta kuvien mukaisiksi. Näin koska, työmaalla on tullut vastaan kojeistoja,

joissa on virtamuuntajien napaisuus ollut väärin kuvien ilmoittamaan verrattuna. Lisäksi reletestaus olisi mahdollista edes osittain tehdä jo tehtaalla.

FAT- ja tehdastestien läpikäynnissä on ilmennyt, että testauksessa täytetyt kaavakkeet eivät ole löydettävissä Vaasan konttorin projektiportaalista. Tähän hyvä muutos olisikin, että jatkossa kaikkien projektissa käytettävien kojeistojen testipöytäkirjat lähetettäisiin projektipäällikölle, joka lisäisi dokumentit projektiportaaliin. Tämä helpottaisi käyttöönotto-testejä tehdessä, sillä käyttöönottohenkilökunta ei nykyään tiedä millaisia testejä tehtaalla jo on tehty. Testipöytäkirjoista selviäisi samalla testaajan nimi, joten hänelle voidaan lähettää henkilökohtaisesti palautetta, mikäli viallinen kenno ei ole jäänyt tehtaasta testeissä kiinni. Tämä kehittäisi testaus-toimenpidettä sekä varmistaisi, että annettu palaute päättyy testaukseen sekä tuotantoon.

Kokonaisuudessaan tehdas- ja FAT-testausta tulisi kehittää tiiviissä yhteistyössä käyttöönotto-testaajien kanssa, sillä testeissä huomaamatta jääneet viat selviävät usein käyttöönoton aikana. Tällaisella toiminnalla saavutettaisiin nopeampi käyttöönotto, parempi laatu ja projektin viivästyksiltä välttyttäisiin.

5.5 Käyttöönotto-testauksen ohjeet

Käyttöönotto-testejä on tehty enemmän rutiinien perusteella, ilman mitään yleistä testausohjetta. Eräs työn perusideoista oli luoda tähän yleinen kennokohtaisesta testaukseen ohjeistus sekä testiraporttipohja. Tähän mennessä ei ole ollut mitään yhtä yleisesti käytössä olevaa käyttöönottopöytäkirjaa ja tehtävä olikin luoda tähän yksi pohja, joka pohjautuu vanhoihin mallipohjiin. Yleisellä testiohjeistuksella ja testipöytäkirjalla on tavoitteena parantaa testausluotettavuutta ja luoda selvät ohjeet käyttöönottoinsinööreille, joka lähetetään kojeiston käyttöönotto-vaiheeseen testejä johtamaan tai tekemään.

Käyttöönotto-testien ohjeistuksen sekä testipohjat oli tarkoitus pyrkiä luomaan vanhojen mallien pohjalta siten, että saadaan paremmat kennokohtaiset raportit ja

pöytäkirjat yhteneviksi kaikille testejä tekeville. Vanhoja malleja tutkiessa löydettiin varsin kattavat testiohjeet sekä testauspöytäkirjat, joten päätettiin, että osastolla aletaan käyttää yleisesti kyseisiä testiohjeita sekä pöytäkirjoja. Nämä tallennetaan kaikkien käytettäväksi yhteiseen arkistotietokantaan. Käyttöön tulee vanha pöytäkirjapohja sekä uusi suppeampi versio, josta on jätetty silmukkaimpedanssien mittaustiedot virtamuuntajatesteistä pois. Näin, koska suuressa osassa projekteissa kyseistä testiä ei vaadita tekemään.

6 YHTEENVETO

Keskijännitekojeistoprojektin hallinta–opinnäytetyöni toimi erittäin opettavaisena yhteytenä opetuksen sekä työn välillä. Työssä sain soveltaa koulussa oppimiani tietoja ja työ loi mielenkiintoisen tavan soveltaa tietoja käytäntöön, sekä itse opiskella ja ottaa selvää asioista. Lisäksi käytin tietonani vanhaa työkokemusta joka liittyi hyvin läheisesti keskijännitekojeistoprojektiin ja erityisesti työmaalla tehtäviin käyttöönottotestauksiin.

Tiedonhankinta toimi työssäni avainasemassa, sillä jouduin työtä tehdessäni olemaan toistuvasti yhteydessä niin Vaasan toimistotyöväkeen kuin Brnon tehtaan henkilöstöön. Tiedonhankinnan osalta opinnäytetyö on kehittänyt minua, sekä tuonut työyhteisöä tutuksi minulle.

Opinnäytetyö opetti minulle kuinka projekti etenee, ja miten eri osa-alueet linkittyvät toisiinsa projektin edetessä, miten tieto kulkee prosessin läpi ja opin ajattelemaan miten tiedonkulkua voitaisiin vielä edistää. Työssä etsin parannusehdotuksia sekä selvennyksiä asioihin jotka on jo ennestään koettu projektin kohdalla epäselviksi tai vailla selvitystä olevaksi. Projektinhallinnan näkökulmasta työ opetti minulle projektin eri osa-alueet, miten tärkeää aikatauluttaminen on projektin etenemisen kannalta ja kuinka projektin vastuualueiden linjaaminen selkeyttää projektin kulkua.

Työssä tulokseksi sain tehtyä projektin toiminnankuvauksen tilaajan käyttöön sekä selvät ohjeet käyttöönottotestien tekemiseen, jo olemassa olleista ohjeistuksista. Toivon, että työntuloksista on hyötyä tulevaisuudessa, ja työ selkeyttää projektiin osallistuville eri portaiden työnkuvaa ja vastuualuetta.

LÄHTEET

- /1/ ABB internet sivut. Viitattu 16.3.2013. <http://new.abb.com/about/abb-in-brief>
- /2/ ABB internet sivut. Viitattu 18.3.2013.
<http://www.abb.fi/cawp/fiabb251/4c7fb86040626fd9c2256b2000427c68.aspx>
- /3/ ABB internet sivut. Viitattu 18.3.2013.
<http://www.abb.fi/cawp/fiabb251/49ec18cae8cea8b1c12575bc002a085e.aspx>
- /4/ ABB internet sivut. Viitattu 19.3.2013.
<http://www.abb.fi/cawp/fiabb251/aa8baf4c18d21594c12575bc002a02c6.aspx>
- /5/ ABB internet sivut. Viitattu 20.3.2013.
<http://web.archive.org/web/20110707074022/http://www.abb.com/cawp/abbzh252/a92797a76354298bc1256aea00487bdb.aspx>
- /6/ ABB internet sivut. Viitattu 17.4.2013
<http://www.abb.com/cawp/seitp202/50f38c6108f502c6c1257b02006a5eb3.aspx>
- /7/ ABB internet sivut. Viitattu 16.3.2013.
<http://www.abb.com/cawp/seitp202/4043df3dc68cd196c12579df0041db55.aspx>
- /8/ ABB internet sivut. Viitattu 16.3.2013.
[http://www02.abb.com/global/abbzh/abbzh252.nsf/0/3b79738ad2670989c12574a9002b8e68/\\$file/CV+Joseph+M+Hogan.pdf](http://www02.abb.com/global/abbzh/abbzh252.nsf/0/3b79738ad2670989c12574a9002b8e68/$file/CV+Joseph+M+Hogan.pdf)
- /9/ ABB internet sivut. Unigear ZS1. Viitattu 18.3.2013.
[http://www05.abb.com/global/scot/scot235.nsf/veritydisplay/38d0d90a28b1d368c1257a9f004342d9/\\$file/Catalogue%20UG%20ZS1_RevF_2012_09_en.pdf](http://www05.abb.com/global/scot/scot235.nsf/veritydisplay/38d0d90a28b1d368c1257a9f004342d9/$file/Catalogue%20UG%20ZS1_RevF_2012_09_en.pdf)
- /10/ ABB internet sivut. UniGear ZS1 Installation, operation and maintenance instruction manual. Viitattu 20.3.2013.
[http://abblibrary.abb.com/global/scot/scot235.nsf/veritydisplay/9183084f393a70f7c1257a7c002ac5c9/\\$file/UG%20ZS1%20IOM%20Man_Rev.H_2012_09.pdf](http://abblibrary.abb.com/global/scot/scot235.nsf/veritydisplay/9183084f393a70f7c1257a7c002ac5c9/$file/UG%20ZS1%20IOM%20Man_Rev.H_2012_09.pdf)
- /11/ ABB internet sivut. UniGear ZS1 Double busbarsytem. Viitattu 21.3.2013.
[http://abblibrary.abb.com/global/scot/scot235.nsf/veritydisplay/160936936d7f1842c1257893003833a1/\\$file/LE_UniGear-ZS1-BTB\(EN\)-_1VCP000275-0910.pdf](http://abblibrary.abb.com/global/scot/scot235.nsf/veritydisplay/160936936d7f1842c1257893003833a1/$file/LE_UniGear-ZS1-BTB(EN)-_1VCP000275-0910.pdf)
- /12/ ABB:n sisäinen ohjeistustiedosto. FAT procedure (EN).doc.
- /13/ ABB:n sisäinen palaveripöytäkirja. Process plan_rev CÖ.xlsx

- /14/ Huotari J. & Salmikangas E. Projektihallinnan perusteet, johdanto, määritelmät Viitattu 29.4.2013.
http://homes.jamk.fi/~huojo/opetus/IIZT4010/IIZT4010_2.pdf
- /15/ Janoš J. 11.3.2013. ABB:n sisäinen valmistustiedosto.
20130311_Manufacturing process.ppt
- /16/ Kokoojakiskon momenttisuositukset internetsivulta. Viitattu 28.3.2013.
<http://busbartermination.blogspot.fi/2009/02/e-torque.html>
- /17/ Lammi H-K. kevät 2004 Ohjelmistotuotanto - Projektinhallinta. Viitattu 29.4.2013. <http://www2.it.lut.fi/kurssit/03-04/010758002/luennot/luento3.pdf>
- /18/ Lepistö. K 2013. Myynti-insinööri. ABB Power Systems. Haastattelu 20.3.2013.
- /19/ Loun František Kejla L.23.8.2012. ABB:n sisäinen dokumentti.
ABB_Brno_standard_processes FI_rev3.pps
- /20/ Dvorak M. 30.1.2008 Product presentation PPMV Instrument transformers. Viitattu 16.3.2013.
[http://www05.abb.com/global/scot/scot235.nsf/veritydisplay/5bbd8b002aaf7134c12573e100251632/\\$file/Instrument%20transformers%20presentation%20-%202008.pdf](http://www05.abb.com/global/scot/scot235.nsf/veritydisplay/5bbd8b002aaf7134c12573e100251632/$file/Instrument%20transformers%20presentation%20-%202008.pdf)
- /21/ Niemelä J. 2010 Opinnäytetyö 20kV kojeiston suunnittelu keskijännitelaboratorioon. Viitattu 19.4.2013.
http://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/21394/Niemela_Jarmo.pdf?sequence=1
- /22/ Projektinhallinta kevät 2006. Viitattu 29.4.2013.
<http://www.ling.helsinki.fi/kit/2006k/clt310pro/yleista/maaritelma.shtml>
- /23/ Suomalaiset ABB-yhtiöt 2000. Teknisiä tietoja ja taulukoita. 359-361s.